# 第二章 2 匀变速直线运动的速度与时间的关系

## 问题？

如果 C919 飞机沿直线做匀速运动，它的*v*–*t*图像是一条平行于时间轴的直线。在上节课的实验中，小车在重物牵引下运动的 *v*–*t* 图像是一条倾斜的直线，它表示小车在做什么样的运动？



## 匀变速直线运动

由上节课的实验我们看到，小车运动的 *v*–*t* 图像类似于图2.2–1所示的 *v*–*t* 图像，是一条倾斜的直线。无论 Δ*t* 选在什么区间，对应的速度的变化量 Δ*v* 与时间的变化量 Δ*t* 之比都是一样的，即物体运动的加速度保持不变。所以，实验中小车的运动是加速度不变的运动。沿着一条直线，且加速度不变的运动，叫作**匀变速直线运动**（uniform variable rectilinear motion）。匀变速直线运动的 *v*–*t* 图像是一条倾斜的直线。

*O*

*t*1

*t*2

*t*3

*t*4

*t*

*v*

*v*4

*v*3

*v*2

*v*1

*v*0

Δ*v*

Δ*v*′

Δ*t*

Δ*t*′

图 2.2-1 匀变速直线运动的 *v*-*t* 图像

在匀变速直线运动中，如果物体的速度随时间均匀增加，这种运动叫作匀加速直线运动；如果物体的速度随时间均匀减小，这种运动叫作匀减速直线运动。

## 速度与时间的关系

除 *v*–*t* 图像外，我们还可以用公式描述物体运动的速度与时间的关系。

对于匀变速直线运动来说，我们可以把运动开始时刻取作0时刻，则由0时刻到*t* 时刻的时间间隔 Δ*t* 为 *t* ，而 *t* 时刻的速度 *v* 与开始时刻的速度 *v*0 （叫作初速度）之差就是速度的变化量，即

Δ*v* = *v* − *v*0

把上述两式代入*a*=中，得到

*v* = *v*0 + *at*

这就是匀变速直线运动的速度与时间的关系式。

由于加速度 *a* 在数值上等于单位时间内速度的变化量，所以 *at* 就是 *t* 时间内速度的变化量，再加上运动开始时物体的速度，就得到 *t* 时刻物体的速度。

### 【例题】

一辆汽车以 36 km/h 的速度在平直公路上匀速行驶。从某时刻起，它以 0.6 m/s2 的加速度加速，10 s 末因故突然紧急刹车，随后汽车停了下来。刹车时做匀减速运动的加速度大小是 6 m/s2 。

（1）汽车在 10 s 末的速度是多少？

（2）汽车从刹车到停下来用了多长时间？

**分析** 依题意，汽车加速和减速过程都是在做匀变速直线运动。

第（1）问是已知加速的时间求末速度。

第（2）问是已知末速度求减速的时间。两个问题都需要用匀变速直线运动的速度与时间关系式来求解。其中，第（2）问汽车加速度的方向跟速度、位移的方向相反，需要建立坐标系处理物理量之间的正负号问题。

**解** （1）汽车做匀加速直线运动。

初速度 *v*0 = 36 km/h = 10 m/s，加速度 *a* = 0.6 m/s2 ，时间 *t* = 10 s。

根据匀变速直线运动速度与时间的关系式，有

*v* = *v*0 ＋ *at* = 10 m/s ＋ 0.6 m/s2 ×10 s = 16 m/s

（2）以汽车运动方向为正方向建立一维坐标系（图 2.2–2），与正方向一致的量取正号，相反的取负号。



*a*

*O*

*x*

*v*

图 2.2–2

汽车从第 10 s 末开始做匀减速直线运动，因此初速度 *v*0 = 16 m/s，末速度 *v* = 0，加速度 *a* = − 6 m/s2 。

根据 *v* = *v*0 + *at* 得

*t* = = = 2.67 s

汽车 10 s 末的速度为 16 m/s，从刹车到停下来要用 2.67 s。

### 思考与讨论

图 2.2–3 是一个物体运动的 *v*–*t* 图像。它的速度怎样变化？在相等的时间间隔内，即Δ*t*′= Δ*t* 时，速度的变化量 Δ*v*′ 和 Δ*v* 总是相等的吗？物体在做匀变速运动吗？

图 2.2–3

*O*

*t*1

*t*2

*t*3

*t*4

*t*

*v*

*v*4

*v*3

*v*2

*v*1

Δ*v*

Δ*v*′

Δ*t*

Δ*t*′

## 练习与应用

本节共安排了4道练习题。前3题分别以列车加速、列车减速、嫦娥三号减速着陆为背景，将实际问题中的研究对象及其运动过程用匀变速直线运动的速度与时间关系式分析求解，培养学生模型建构的科学思维。第3题以嫦娥三号为素材练习在匀加速直线运动中的应用——求末速度，嫦娥三号探测器是中国第一个月球软着陆的无人登月探测器，本题引导学生树立当代青少年所肩负的科技强国的社会责任。第4题要求学生理解匀变速直线运动 *v*-*t* 图像的物理意义，根据图像进行推理，获得结论。

1．列车原来的速度是 36 km/h，在一段下坡路上加速度为 0.2 m/s2。列车行驶到下坡路末端时，速度增加到 54 km/h。求列车通过这段下坡路所用的时间。

**参考解答**：25 s

2．以72 km/h 的速度行驶的列车在驶近一座石拱桥时做匀减速直线运动（图 2.2–4），加速度的大小是 0.1 m/s2 ，列车减速行驶 2 min 后的速度是多少？



图 2.2-4

**参考解答**：8 m/s，该速度沿列车前进方向

3．2015 年 12 月 14 日，嫦娥三号登月探测器平稳落月（图 2.2–5），中国首次地外天体软着陆成功。当它靠近月球后，先悬停在月面上方一定高度，之后关闭发动机，以 1.6 m/s2 的加速度下落，经过 2.25 s 到达月面，此时探测器的速度是多少？



图 2.2–5

**参考解答**：3.6 m/s，方向向下

4．一个物体沿着直线运动，其 *v*–*t* 图像如图 2.2–6 所示。

*v*/(m·s−1)

*t* / s

8

6

4

2

0

1

2

图 2.2–6

（1）它在 1 s 末、4 s 末、7 s 末三个时刻的速度，哪个最大？哪个最小？

（2）它在 1 s 末、4 s 末、7 s 末三个时刻的速度方向是否相同？

（3）它在 1 s 末、4 s 末、7 s 末三个时刻的加速度，哪个最大？哪个最小？

（4）它在 1 s 末和 7 s 末的加速度方向是否相同？

**参考解答**：（1）4 s 末的速度最大为2 m/s，7 s 末的速度最小为 1 m/s。

（2）这三个时刻的速度均为正值，速度方向相同。

（3）4 s 末的加速度最小为 0，7 s 末的加速度最大为 1 m/s2。

（4）1 s 末的加速度为正值，7 s 末的加速度为负值，加速度方向相反。

提示：由于速度、加速度都是矢量，而矢量中的负号只表示该物理量的方向与迭择的正方向相反，所以比较矢量的大小按矢量的绝对值判定。

# 第 2 节 匀变速直线运动的速度与时间的关系 教学参考

## 1．教学目标

（1）根据实验得到的 *v*–*t* 图像是一条倾斜的直线，建构匀变速直线运动的模型，了解匀变速直线运动的特点。

（2）能根据 *v*–*t* 图像得出匀变速直线运动的速度与时间的关系式 *v* = *v*0 + *at*，理解公式的含义。

（3）能应用匀变速直线运动的速度与时间的关系式或图像分析和解决生产、生活中有关的实际问题。

## 2．教材分析与教学建议

在上一节探究了小车速度随时间的变化规律，本节应用前面所学的知识和实验结果，建立和研究一种最基本的变速运动——匀变速直线运动。重难点是匀变速直线运动模型的建立及对其速度和时间关系的理解和应用。

本节教科书的逻辑线索是这样的：首先从上一节通过实验探究获得的小车运动情况入手，基于实验数据给出匀变速直线运动的定义；再进一步具体讨论匀变速直线运动的速度随时间变化的特点，得出匀变速直线运动的速度随时间变化关系；最后通过例题巩固匀变速直线运动速度与时间的关系，并通过“思考与讨论”拓展到非匀变速直线运动的速度变化特点。

本节的另一个难点是由 *v*–*t* 图像，经科学推理得到匀变速直线运动的速度与时间的关系式 *v* = *v*0 + *at*，并进一步通过例题分析使学生掌握建立坐标系，用正负号表示矢量方向、应用公式来解决匀变速运动相关问题的方法。学生刚接触矢量的坐标运算方法，教师要多加指导，逐步增强学生数理结合的能力。

本节最后的“思考与讨论”栏目讨论了一个非线性的 *v*–*t* 图像，以此促进学生对变速运动及运动的描述有更全面的认识，拓展对实际运动多样性的认识，有利于建构更全面的运动观念。

### （1）问题引入

学生上一章了解了瞬时速度保持不变的运动是匀速直线运动。而各种变速运动又有什么特点？生活中有没有比较简单的变速运动类型呢？本节“问题”栏目中提出，如果物体运动的 *v*–*t* 图像是一条倾斜的直线，物体做什么运动？结合上一节实验的结论，这个问题会引起学生对变速运动情况的思考，从而引发下面匀变速直线运动模型的讨论和建立。

### （2）匀变速直线运动

这段教学是从实验的 *v*–*t* 图像得出一般性规律的，是典型的归纳方法。教师要注重以证据支撑观点的科学思维习惯、逻辑推理能力以及从实际现象抽象出物理模型能力的培养。这部分的逻辑顺序是：分析上节由小车的实际运动得到的实验数据绘出的 *v*–*t* 图像；再由小车的 *v*–*t* 图像是一条直线和加速度的定义，得到小车的加速度不变的运动特点；最后由小车的运动规律建立匀变速直线运动的模型。洼意这个模型既源于实际物体的运动，又是对实际运动的抽象与概括。

建立了匀变速直线运动的模型后，从其定义出发再次明确匀变速直线运动的 *v*–*t* 图像应是一条倾斜的直线，其不变的斜率就代表加速度是不变的。教学中应通过实例分析指出，加速度是矢

量，匀变速直线运动中加速度不变不仅是大小不变，方向也保持不变。根据速度大小的变化将匀变速直线运动分成匀加速直线运动和匀减速直线运动，可以使模型更形象、易于理解。这些都是明确了匀变速直线运动的含义后对其运动特点的进一步研究，是科学研究中的演绎过程。

### （3）速度与时间的关系

明确了匀变速直线运动的含义，应用加速度公式或匀变速直线运动的 *v*–*t* 图像求某时刻速度与时间的关系并不困难。教师可以设置一个问题让学生解决：计时开始时（*t*0 = 0）物体做匀变速直线运动的速度是 *v*0，加速度是 *a*，它在 *t* 时刻的速度移是多少？学生可能会根据加速度定义式求解：由 *a* = 可得 Δ*v* = *v* − *v*0 = *a*(*t* − *t*0)，因此 *v* = *v*0 + *at*；也可能会根据 *v*–*t* 图像的斜率求解：*v* = *v*0 + *kt* = *v*0 + *at*。不管用什么方法，重要的是让学生经历这个研究和提炼物理规律的过程，能真正体会公式的含义。教师可以接着设置讨论的题目加深学生对公式的理解，特别是每个字母和其矢量方向的含义。例如：如果做上述匀加速运动的物体在 *t*1 时刻时速度为 *v*0，则 *t*2 时刻的速度 *v* 是多少？如果物体做匀减速直线运动，即加速度 *a* 方向与速度方向相反，公式 *v* = *v*0 + *at* 还适用于求任意时刻的速度吗？

教师要充分利用教科书上的例题加深学生对匀变速直线运动的速度与时间关系式的理解，同时学习物理解题分析方法和书写规范。例题涉及汽车加速和刹车两个实际过程，分别对应匀加速和匀减速直线运动模型。研究加速过程要注意各已知条件与公式中字母表示的物理量之间的对应关系，还要注意速度单位换算。减速过程是求刹车时间，要特别注意公式 *v* = *v*0 + *at* 是一个包含矢量方向规定的式子，在以初速度方向为正方向时，刹车时加速度与速度方向相反，应带入负值。对这个例题，教师还可设置以下问题：从开始加速起 12 s 后汽车的速度是多少？13 s 后呢？第一个问题的设置是要学生形成认真分析物理变化过程的习惯；第二个问题则是要让学生形成对物理解题结果的分析和反思习惯，注意物理问题的实际意义，不要对公式生搬硬套。

### （4）一般的非匀变速直线运动

匀变速直线运动是变速运动中最简单、最基本的运动形式，是一种特例。实际的变速运动还有很多种情形。教科书上的“思考与讨论”栏目给出一段 *v*–*t* 图像上斜率逐渐减小的曲线，教师可以引导学生分析这个运动的速度及加速度的变化情况，加深对运动多样性、复杂性的理解，同时也加强了用 *v*–*t* 图像研究物体运动规律的能力。为加深学生的感性认识，教师也可以让学生课后测量百米赛跑或汽车加速时的 *v*–*t* 图像，体会非匀变速直线运动加速度发生变化的特点。

## 3．“练习与应用”参考答案与提示

本节共安排了 4 道练习题。前 3 题分别以列车加速、列车减速、嫦娥三号减速着陆为背景，将实际问题中的研究对象及其运动过程用匀变速直线运动的速度与时间关系式分析求解，培养学生模型建构的科学思维。第 3 题以嫦娥三号为素材练习在匀加速直线运动中的应用——求末速度，嫦娥三号探测器是中国第一个月球软着陆的无人登月探测器，本题引导学生树立当代青少年所肩负的科技强国的社会责任。第 4 题要求学生理解匀变速直线运动 *v*–*t* 图像的物理意义，根据图像进行推理，获得结论。

1．25 s

提示：沿列车运动的方向建立坐标轴，列车初速度 *v*0 = 36 km/h = 10 m/s，加速度 *a* = 0.2 m/s2，末速度 *v* = 54 km/h = 15 m/s，根据 *v* = *v*0 + *at*，得 *t* = = = 25 s。

2．8 m/s，该速度沿列车前进方向

提示：沿列车运动的方向建立坐标轴，初速度 *v*0 = 72 km/h = 20 m/s，加速度 *a* = − 0.1 m/s2，时间 *t* = 2 min = 120 s。根据 *v* = *v*0 + *at*，得 *v* = 20 m/s – 0.1 m/s2×120 s = 8 m/s。

3．3.6 m/s，方向向下

提示：悬停，关闭发动机后，探测器做初速度为0的匀加速直线运动，加速度 *a* = 1.6 m/s2，运动时间 *t* = 2.25 s。根据匀变速直线运动的速度与时间关系式，有 *v* = *v*0 + *at* = 0 + 1.6 m/s2×2.25 s = 3.6 m/s。

4．（1）4 s 末的速度最大为 2 m/s，7 s 末的速度最小为 1 m/s。

（2）这三个时刻的速度均为正值，速度方向相同。

（3）4 s 末的加速度最小为 0，7 s 末的加速度最大为 1 m/s2。

（4）1 s 末的加速度为正值，7 s 末的加速度为负值，加速度方向相反。

提示：由于速度、加速度都是矢量，而矢量中的负号只表示该物理量的方向与迭择的正方向相反，所以比较矢量的大小按矢量的绝对值判定。